

NGHIÊN CỨU CẦU SAU CHỦ ĐỘNG CỦA Ô TÔ ĐIỆN TESLA

RESEARCH ON THE ACTIVE REAR AXLE OF TESLA ELECTRIC CARS

CAO HÙNG PHI¹, NGUYỄN VĂN THANH^{2*}

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

²Trường Cao đẳng nghề An Giang

*Email: nguyenvanthanh@agvc.edu.vn

Nhận bài (Received): 31/5/2022; Phản biện (Reviewed): 15/7/2022; Chấp nhận (Accepted): 06/8/2022

TÓM TẮT

Bài báo sử dụng phương pháp tách cấu trúc hệ nhiều vật để xây dựng mô hình động lực học cầu chủ động ô tô Tesla; sử dụng phương trình Newton-Euler để thiết lập hệ phương trình động lực học cầu chủ động ô tô Tesla. Tác giả ứng dụng phần mềm Mathlab-Simulink để mô phỏng động lực học cầu chủ động ô tô Tesla. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi xe chuyển động thẳng và lực cản tác dụng lên hai bánh xe bên trái và bên phải bằng nhau thì mô men trên bán trục bên trái và bên phải có giá trị tương đương nhau và bằng khoảng $\frac{1}{2}$ mô men của truyền lực chính $M_{4T} \approx M_{3P} \approx \frac{1}{2} M_{2max} \approx 120$ Nm; vận tốc góc của bán trục bên trái và bên phải có giá trị là $\Psi_{3P} \approx \Psi_{4T} \approx 26,5$ rad/s.

Từ khóa: Ô tô điện; Tesla model S; Cầu chủ động.

ABSTRACT

The paper used the method of separating the structure of a multi-body system to build a dynamic model of the active axle of the Tesla electric car; used the Newton-Euler method to establish the system of equations for the active axle dynamics of the Tesla electric car. The author has applied Mathlab-Simulink software to simulate the active axle dynamics of the Tesla electric car. Research results show that, when the Tesla electric car is moving on a straight road and the resistance forces acting on the left and right wheels are equal, the torques on the left and right semi-axes have the same value, and are about $\frac{1}{2}$ of the torque of the main transmission $M_{4T} \approx M_{3P} \approx \frac{1}{2} M_{2max} \approx 120$ Nm; The angular velocities of the left and right semi-axes have the value $\Psi_{3P} \approx \Psi_{4T} \approx 26,5$ rad/s.

Keywords: Electric car; Tesla model S; Active Axle.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cầu chủ động của ô tô điện Tesla có 3 bộ phận chính: Truyền lực chính, vi sai và các bán trục. Truyền lực chính về bản chất là hộp số giảm tốc, nó góp phần tạo tỷ số truyền chung cho hệ thống truyền lực.

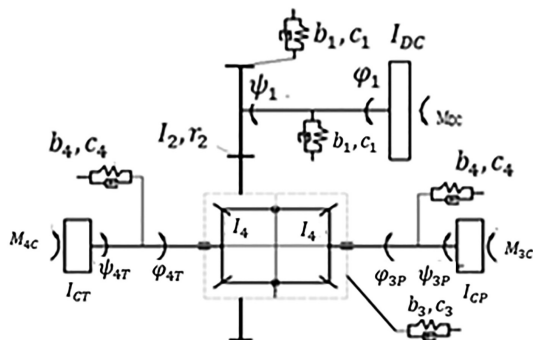
Vì sai trong cầu chủ động thực hiện chức năng phân phối mô men cho các bánh xe và cho phép chúng quay với các vận tốc khác nhau khi ô tô quay vòng hoặc chuyển động trên đường xấu. Các bán trục có nhiệm vụ truyền mô men tới các bánh xe chủ động.

Việt Nam hiện nay có một số công trình nghiên cứu như sau: Nguyễn Bảo Huy, Tạ Cao Minh, “Tổng quan tình hình nghiên cứu ô tô điện trên thế giới và tại Việt Nam”, Tạp chí Tự động hóa Ngày nay, số 126, tháng 5/2011, trang 34 - 37 [1], những tác giả như: Nguyễn Bình Minh, Tạ Cao Minh, “Kiến tạo tương lai của ô tô với kỹ thuật điều khiển và một số kiến nghị về lộ trình phát triển ô tô điện ở Việt Nam”, 2019, đăng trên trang VANJ - Hội các nhà khoa học Việt Nam tại Nhật Bản [2]. Trên thế giới có nhiều công trình nghiên cứu về hệ thống truyền lực ô tô điện, tiêu biểu như sau: Công trình nghiên cứu của các tác giả Jiageng Ruan, Paul DWalker, Jinglai Wu, Nong Zhang and Bangji Zhang đã nghiên cứu về sự phát triển của hệ thống truyền lực vô cấp và ly hợp kép đa tốc độ trên ô tô điện [3].

2. MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC CỦA CẦU CHỦ ĐỘNG

2.1. Sơ đồ hệ thống truyền lực của ô tô:

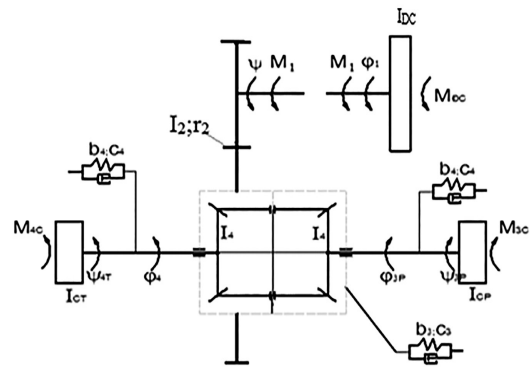
Sơ đồ hệ thống truyền lực của ô tô Tesla được trình bày trong hình 1.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống truyền lực của ô tô

2.2. Mô hình động lực học của cầu chủ động ô tô:

Sử dụng phương pháp tách cấu trúc hệ nhiều vật tác giả xây dựng được mô hình động lực học của cầu chủ động ô tô Tesla như hình 2.

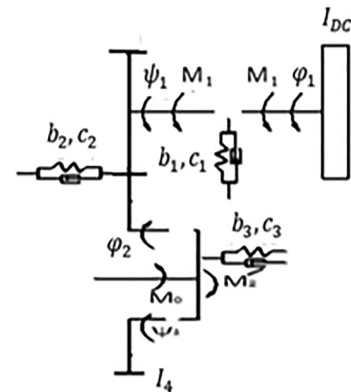


Hình 2. Sơ đồ động lực học cầu xe

2.3. Thiết lập hệ phương trình động lực học

Sử dụng phương pháp Newton-Eluer tác giả thiết lập được hệ phương trình động lực học của cầu chủ động ô tô Tesla như sau: [4]

* Xét cặp bánh răng trụ của truyền lực chính:



$$\begin{aligned} I_{DC} \cdot \ddot{\phi}_1 &= M_{DC} - M_1 \\ I_2 \cdot \ddot{\psi}_1 &= M_1 - M'_1 \\ I_3 \cdot \ddot{\phi}_3 &= M'_2 - M_0 \end{aligned} \quad (1)$$

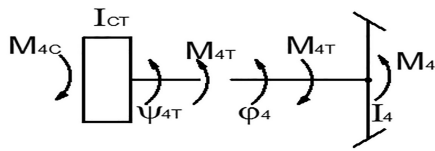
Trong đó:

$$\begin{aligned} M_1 &= c_1 (\phi_1 - \psi_1) + b_1 (\dot{\phi}_1 - \dot{\psi}_1) \\ M'_1 &= [c_2 (\psi_2 r_2 - \phi_3 r_3) + b_2 (\dot{\psi}_2 r_2 - \dot{\phi}_3 r_3)] r_2 \cdot \cos^2 \alpha \\ M'_2 &= [c_2 (\psi_2 r_2 - \phi_3 r_3) + b_2 (\dot{\psi}_2 r_2 - \dot{\phi}_3 r_3)] r_3 \cdot \cos^2 \alpha \\ M_0 &= c_3 (\phi_3 - \psi_3) + b_3 (\dot{\phi}_3 - \dot{\psi}_3) \end{aligned}$$

α là góc ăn khớp $\alpha = 35^\circ$

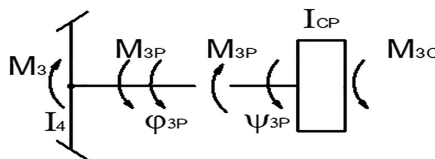
* Xét bánh răng bán trục và các bán trục

+ Bán trục trái



$$\begin{aligned} I_4 \cdot \ddot{\phi}_{4T} &= M_4 - M_{4T} \\ I_{CT} \cdot \ddot{\psi}_{4T} &= M_{4T} - M_{4C} \\ M_{4T} &= c_4(\phi_{4T} - \psi_{4T}) + b_4(\dot{\phi}_{4T} - \dot{\psi}_{4T}) \\ M_{4C} &= k \cdot \psi_{4T} \end{aligned} \quad (3)$$

+ Bán trục phải:



$$\begin{aligned} I_3 \cdot \ddot{\phi}_{3P} &= M_3 - M_{3P} \\ I_{CT} \cdot \ddot{\psi}_{3P} &= M_{3P} - M_{3C} \\ M_{3P} &= c_3(\phi_{3P} - \psi_{3P}) + b_3(\dot{\phi}_{3P} - \dot{\psi}_{3P}) \\ M_{3C} &= k \cdot \psi_{3P} \end{aligned} \quad (4)$$

Từ các hệ phương trình vi phân (1; 2; 3; 4) ta xây dựng cấu trúc simulink để giải các hệ phương trình vi phân với các giằng buộc động lực học là: tổng mô men trên hai bán trục bằng mô men trên vỏ vi sai.

$$\begin{aligned} M_3 + M_4 &= M_0 \\ M_3 &= \frac{1}{2}(M_0 - M_{ms}) \\ M_4 &= \frac{1}{2}(M_0 + M_{ms}) \end{aligned} \quad (5)$$

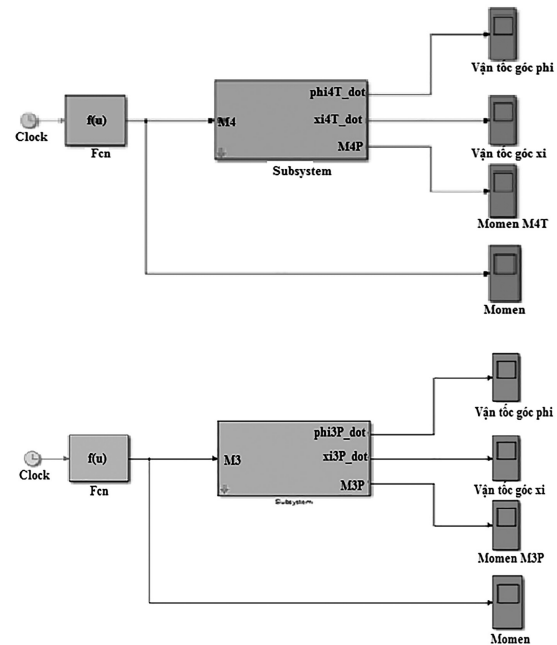
Mô men ma sát $M_{ms} = 0$ vì chỉ xét trường hợp lực cản hai bên bánh xe bằng nhau.

3. MÔ PHỎNG ĐỘNG LỰC HỌC CẦU CHỦ ĐỘNG CỦA Ô TÔ ĐIỆN TESLA

3.1. Mô hình mô phỏng

Tác giả sử dụng phần mềm Mathlab-Simulink để mô phỏng động lực học cầu

chủ động của ô tô điện Tesla, cấu trúc chương trình mô phỏng như hình 3 [5].



Hình 3. Cấu trúc mô hình mô phỏng

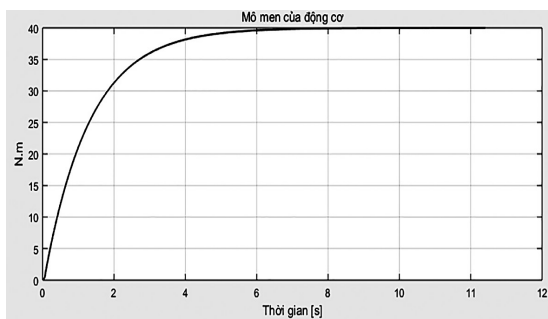
3.2. Kết quả khảo sát

* Số liệu để chạy chương trình

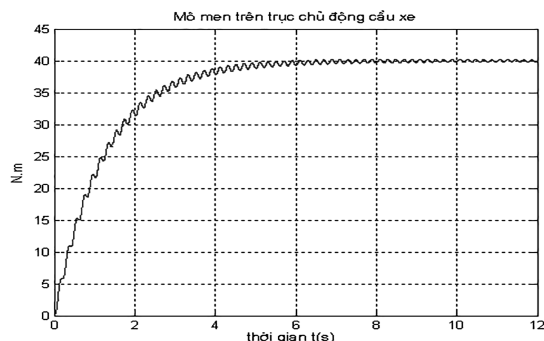
Ký hiệu	Giá trị
I_{DC} : Mô men quán tính của động cơ	0.035
I_2 : Mô men quán tính của bánh răng chủ động	0.0025
I_3 : Mô men quán tính của bánh răng vành chậu	0.025
I_4 : Mô men quán tính của bánh răng bán trục bên trái và bên phải	0.025
r2: Bán kính vòng lăn bánh răng quả dứa	0.02
r3: Bán kính vòng lăn bánh răng truyền lực chính	0.12
c1: Độ cứng của trục bánh răng trung gian và bánh răng truyền lực chính	180000

Ký hiệu	Giá trị
c2: Độ cứng của bánh răng trung gian và bánh răng truyền lực chính	180000
c3: Độ cứng của giá vi sai	18000
c4: Độ cứng của các bán trục bên trái và bên phải	1400
k: là hệ số cản	4
b1: Hệ số cản xoắn của trục bánh răng trung gian	54
b2: Hệ số cản xoắn của bánh răng trung gian và bánh răng truyền lực chính	54
b3: Hệ số cản xoắn của giá vi sai	54
b4: Hệ số cản xoắn của các bán trục bên trái và bên phải	54

Giả sử mô men động cơ đưa vào có quy luật của hàm $M_{DC} = 40 \cdot (1 - e^{-0.8t})$. Mô phỏng hệ thống trong thời gian 12 giây, kết quả thu được như sau:



Hình 4. Mô men của động cơ (M_{DC}) đưa vào cầu xe

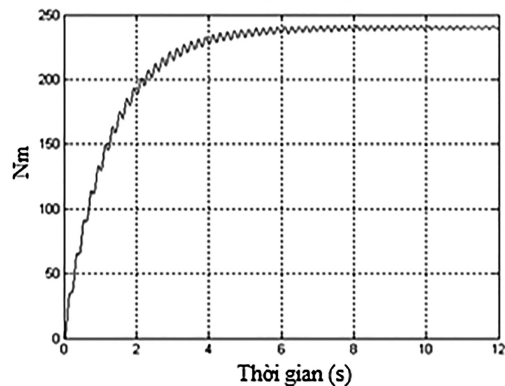


Hình 5. Mô men (M_1) trên trục truyền lực chính

Quan sát đồ thị hình 4, hình 5 ta thấy mô men của động cơ điện (M_{DC}) và mô men trên

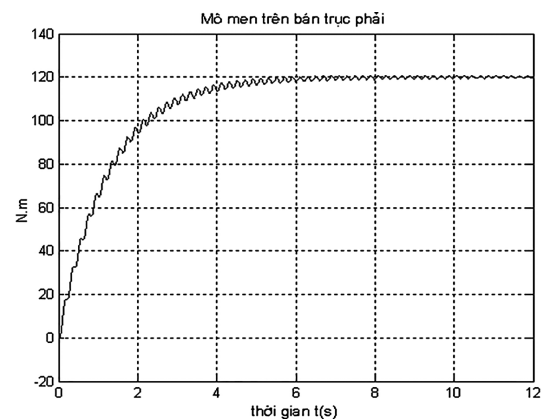
trục truyền lực chính (M_1) có hình dạng và giá trị tương đương nhau. Giá trị cực đại của mô men động cơ điện và mô men trên trục truyền lực chính là $M_{DCmax} \approx M_{1max} \approx 40\text{Nm}$.

Mô men trên trục bánh răng nghiêng của truyền lực chính



Hình 6. Mô men (M_2) trên bánh răng trụ răng nghiêng của truyền lực chính.

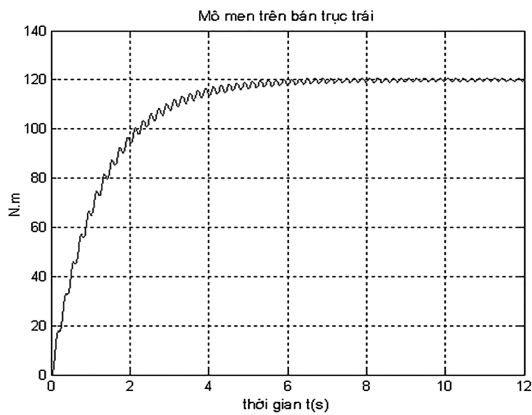
Từ hình 6 ta thấy mô men trên bánh răng trụ răng nghiêng của truyền lực chính (M_2) có biên dạng giống với mô men của động cơ điện (M_{DC}) và mô men trên trục truyền lực chính (M_1). Giá trị cực đại của mô men trên bánh răng trụ răng nghiêng của truyền lực chính là $M_{2max} \approx 240\text{Nm}$.



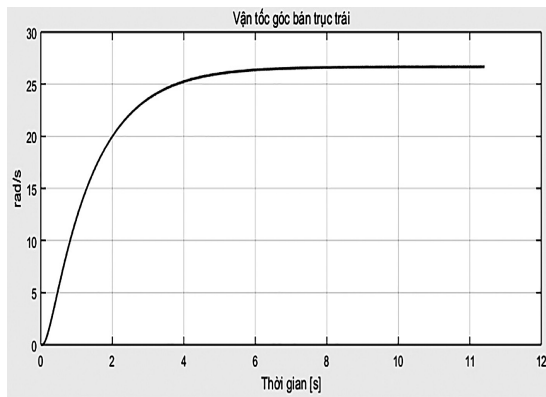
Hình 7. Mô men (M_{3p}) trên bán trục phải cầu xe.

Khi xe chuyển động thẳng và lực cản tác dụng lên hai bánh xe bên trái và bên phải bằng nhau thì mô men trên bán trục bên trái và bên phải có giá trị tương đương nhau và bằng khoảng $\frac{1}{2}$ mô của truyền lực chính như hình 7 và hình 8.

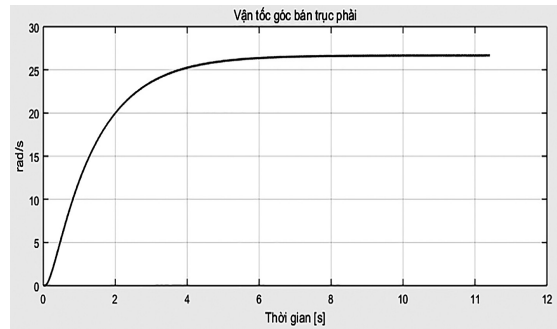
$$M_{4T} \approx M_{3P} \approx 1/2 \cdot M_{2max} \approx 120 \text{ Nm}$$



Hình 8. Mô men (M_{4T}) trên bán trục trái cầu xe.



Hình 9. Vận tốc góc (Ψ_{4T}) bán trục trái



Hình 10. Vận tốc góc (Ψ_{3P}) bán trục phải

Tương tự, khi xe chuyển động thẳng và lực cản tác dụng lên hai bánh xe bên trái và bên phải bằng nhau thì vận tốc góc của bán trục bên trái và bên phải có giá trị tương đương nhau như hình 9 và hình 10.

$$\Psi_{3P} \approx \Psi_{4T} \approx 26,5 \text{ rad/s}$$

4. KẾT LUẬN

Khi xe chuyển động thẳng và lực cản tác dụng lên hai bánh xe bên trái và bên phải bằng nhau thì mô men trên bán trục bên trái và bên phải có giá trị tương đương nhau và bằng khoảng $\frac{1}{2}$ mô của truyền lực chính $M_{4T} \approx M_{3P} \approx 1/2 \cdot M_{2max} \approx 120 \text{ Nm}$; vận tốc góc của bán trục bên trái và bên phải có giá trị là $\Psi_{3P} \approx \Psi_{4T} \approx 26,5 \text{ rad/s}$.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Bảo Huy, Tạ Cao Minh, “Tổng quan tình hình nghiên cứu ô tô điện trên thế giới và tại Việt Nam”, Tạp chí Tự động hóa Ngày nay, số 126, tháng 5/2011, trang 34 - 37.
- [2] Nguyễn Bình Minh, Tạ Cao Minh, Kiến tạo tương lai của ô tô với kỹ thuật điều khiển và một số kiến nghị về lộ trình phát triển ô tô điện ở Việt Nam, 2019, đăng trên trang VANJ - Hội các nhà khoa học Việt Nam tại Nhật Bản
- [3] J. Ruan, P. D. Walker, J. Wu, and N. Zhang, “Development of continuously variable transmission and multi-speed dual- clutch transmission for pure electric vehicle,” vol. 10, no. 2, pp. 1–15, 2018, doi: 10.1177/1687814018758223.
- [4] Võ Văn Hường và các tác giả (2014) “Động lực học ô tô”. Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.
- [5] ThS. Nguyễn Hoàng Hải, Nguyễn Việt Anh, Lập trình Matlab và ứng dụng, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật (2006).
- [6] Nguyễn Hữu Cẩn, Phạm Minh Thái, Nguyễn Văn Tài, Dư Quốc Thịnh, Lê Thị Vàng, Lý thuyết ô tô, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật (2000).